

EVALUACION GEOHIDROLOGICA APLICADA AL DESARROLLO URBANO DE LA CIUDAD DE COMODORO RIVADAVIA.- CHUBUT - ARGENTINA.

Néstor Hirtz¹; Mario Grizinik¹ & Andrés Blachakis¹

Resumen - Comodoro Rivadavia, ciudad de aproximadamente 130.000 habitantes, localizada en la región central de la Patagonia argentina, posee un clima desértico frío, con una precipitación media anual de 180 mm. No obstante los bajos registros, la existencia de lluvias de elevada intensidad combinado con lo accidentado de su relieve, genera condicionamientos en el uso del suelo con fines urbanísticos, provocando anegamientos localizados y erosión hídrica sobre taludes y áreas de encauzamiento del flujo superficial. Asimismo, la existencia de niveles acuíferos-acuitardos someros en áreas bajas o en afloramientos provoca severos procesos de salinización, debido al alto contenido salino de las aguas subsuperficiales y la elevada evaporación.

Dichos condicionantes han sido reflejados en los mapas y tablas adjuntas en base a una zonación del ejido a partir del grado de incidencia que evidencian estos factores en el entorno geológico urbano. De los mismos surge una categorización en zonas y subzonas que reflejan la mayor o menor aptitud de las mismas para el uso en emprendimientos urbanísticos.

Palabras Clave: Geohidrología Aplicada- Desarrollo Urbano- Zonificación- Aptitud

INTRODUCCION

La ciudad de Comodoro Rivadavia se encuentra ubicada sobre la costa, Atlántica, en la porción central del Golfo San Jorge. Pertenece a la faja central de la Patagonia argentina a los 45° 52' de latitud Sur.

En un contexto ambiental, la urbanización de la ciudad de Comodoro Rivadavia se ha desarrollado bajo condiciones muy particulares, entre las que se destacan, el

¹ Universidad Nac. de la Patagonia, SJB. - C. Rivadavia - Chubut - Argentina

haber contado solamente con una estrecha franja costera flanqueada por el mar y los cerros, con relieve irregular. El clima severo, desértico, frío y seco con precipitaciones medias de 180 mm., que presenta como rasgo característico sus fuertes y persistentes vientos provenientes del oeste, hizo que la ciudad se desarrollara en los sectores bajos y abrigados, ascendiendo por las faldas de los cerros y los cañadones a medida que la demanda de espacio resultaba más acuciante.

Comodoro Rivadavia es una ciudad joven, fundada en 1901, pero el destino de su desarrollo quedó sellado en 1907 con el descubrimiento de petróleo en su subsuelo. A partir de allí se generó un crecimiento sostenido con afluencia de inmigrantes extranjeros de diversas nacionalidades y migración interna dentro del país, principalmente de la región norteña. En las últimas cuatro décadas se ha registrado la mayor expansión urbana, cuyos rasgos característicos han sido, por la naturaleza de los asentamientos periféricos al área central, un crecimiento sin mayores planificaciones ni atención a los condicionamientos del medio físico, tales como: topografía irregular, baja aptitud fundacional de rocas y suelos en sectores específicos, procesos de inestabilidad y erosión severa asociados a los faldeos, niveles de agua subterránea próximos a la superficie asociados con procesos de salinización del suelo y anegamiento en sectores bajos, localizados durante precipitaciones torrenciales.

En los últimos tiempos se advierte una tendencia al asentamiento permanente de los pobladores, que contrasta con la tendencia histórica a establecerse temporalmente mientras durara la fuente de trabajo, casi exclusivamente relacionada con la actividad petrolera.

Los organismos municipales y la sociedad en general deben ir prestando mayor atención a los condicionamientos antes mencionados para optimizar el uso del territorio y procurar mitigar los problemas generados en los asentamientos donde los mismos no han sido considerados. Debe existir una planificación detallada por sectores respetando las restricciones particulares que en cada uno de ellos impone el medio físico.

El presente trabajo pretende contribuir como una herramienta más en el aporte a la planificación de desarrollo urbanístico. Aquí se destacan, desde una óptica geohidrológica aplicada al entorno geológico urbano, las limitaciones y potencialidades de cada sector para su urbanización.

El aspecto geohidrológico no puede desarrollarse en forma aislada para reflejar una problemática tan particular como la que nos ocupa, y es por ello que la información ha sido compatibilizada con los aspectos geomorfológicos y geomecánicos para brindar un panorama más abarcativo.

El manejo de la información se efectúa en un sistema de información geográfica (GIS) ejecutado en el programa PC- ArcInfo / ArcView. Ello permite una dinámica actualización y transferencia de los resultados a los potenciales usuarios.

CLIMA

Como se expresara, la Ciudad de Comodoro Rivadavia se encuentra dentro de la región climática perteneciente al desierto frío y seco, con precipitaciones que oscilan en 180 mm. anuales.

Su característica más destacada son los vientos arrachados que soplan predominantemente desde el cuadrante Oeste, provenientes del anticlinal del Pacífico sur. Estos vientos, de carácter planetario, al atravesar la Cordillera de los Andes descargan su humedad y continúan como vientos secos atravesando la extensa estepa patagónica central de Oeste a Este. En consecuencia se tiene una baja humedad ambiente promedio y una altísima evapotranspiración.

Las temperaturas son en general bajas, con una media anual del orden de los 12 °C. Las mínimas se registran en los meses de junio y julio, donde son habituales las heladas. También se registran esporádicas nevadas en el período de mayo a agosto.

En este contexto, la consecuencia más impactante del clima sobre el ambiente es la desertificación y los procesos dominantes son la erosión eólica generalizada, hídrica por esorrentía sobre faldeos y cañadones, aluvionamiento en lluvias intensas y salinización en bajos de drenaje restringido.

MARCO GEOLOGICO

GEOLOGÍA

Dentro del área correspondiente al ejido urbano de la ciudad, existen dos formaciones compuestas por rocas sedimentarias: la F. Sarmiento (Eoceno-Oligoceno) (*Feruglio E, 1949, Frenguelli J, 1929,*) y la F. Patagonia de edad Oligocena (*Camacho, 1980, Sciutto J, 1999,*), redefinida posteriormente como F. Chenque), (*Bellossi E, 1990.*)

La F. Sarmiento, de origen continental está compuesta por tobas de fina granulometría, de colores blanquecinos amarillentos y grises.

La F. Patagonia suprayace la anterior a partir de una superficie de erosión. Es de origen marino, se compone en el ámbito carteadado de dos secuencias, una inferior predominantemente arcillosa, profusamente diaclasada y una superior de carácter más arenoso. Ambas culminan con bancos de areniscas calcáreas con matriz pelítica rematados por bancos fosilíferos.

Es la unidad más desarrollada, aflorando o permaneciendo en forma subaflorante en zonas sobreelevadas, taludes y lomadas. En el sector norte se preserva solo en forma de relictos en las mayores elevaciones.

Ambas formaciones descritas presentan estratificación subhorizontal con una suave inclinación regional hacia el sureste del orden de 1,5 grados. Debido a ello, la F. Sarmiento, más antigua, aflora desde la base del C°. Chenque, sobre la costa, desarrollando dos geoformas características en su ascenso hacia el NNW; el paisaje de "bad lands" en lomadas, faldeos y bordes de cañadones, y barrancos asociados a restingas sobre la franja costera.

Se completa el cuadro estratigráfico con los depósitos modernos inconsolidados dentro de los cuales podemos diferenciar dos grupos:

- 1-depósitos psefíticos: Generados a partir del redepósito de los "rodados patagónicos" conformando superficies de pedimentación y niveles terrazados. Están compuestos básicamente de clastos predominantemente vulcaníticos, de tamaño medio a grueso, mátrix arenosa, con variado grado de madurez textural.
- 2- depósitos psamopelíticos: Comprende a los sedimentos finos recientemente depositados, de origen coluvial, aluvial, eólico y fluvioeólico, compuestos esencialmente por limos, limos arcillosos y arenas finas.

GEOMORFOLOGÍA

La franja costera donde se emplaza la ciudad de Comodoro Rivadavia se encuentra caracterizada por la existencia de cañadones y valles de orientación dominante Este - Oeste, labrados principalmente por la acción hídrica de las aguas que descienden de un área mesetiforme de gran extensión y cota promedio de 700 m.s.n.m. La Pampa de Salamanca se encuentra al Norte, la Pampa del Castillo al Oeste y la Meseta Espinosa al Sur.

Estos cañadones estrechos se amplían a medida que descienden de la planicie hacia el mar alcanzando en algunos casos las dimensiones de valles de 1 a 3 km. de ancho en proximidad a la franja costera. A la salida de los mismos se ha ubicado parte de la urbanización, como ocurre al sur con los cañadones del Arroyo La Mata, de la Piedra Azul y de las Quintas. En el sector central, los barrios Saavedra y Gral. Mosconi se emplazan sobre el Cañadón del "Valle B" y Laprida, Guemes y Presidente Ortiz en el Cañadón del "Valle C". En el flanco norte de la prolongación del Cañadón de Diadema, sobre la terraza del aeropuerto, se desarrollaron los barrios Ciudadela, Próspero Palazzo, Bon Bosco y Restinga Alí. Ver ubicaciones en el mapa de urbanización correspondiente a la Figura 1.

El casco céntrico de la ciudad y barrios periféricos se desarrolló sobre el faldeo sur del Cerro Chenque de 213 m de altitud y eje elongado en dirección E-W.

Sobre las pendientes medias y bajas de los faldeos de los cerros se han desarrollado depósitos de coluvio a partir de la meteorización de las facies arcillosas de la F. Patagonia, fácilmente degradables por intemperismo. Asimismo, debido a su alterabilidad, los depósitos tobáceos de la F. Sarmiento que afloran en la mitad superior del área han desarrollado paisajes de "bad lands" sobre las pendientes de faldeos de menor elevación. Corresponden a las áreas más amplias de la Zona 7 mostradas en el mapa adjunto.

Limitando los cañadones se alzan cerros y lomadas parcialmente preservados de la acción erosiva de la meseta, aunque sensiblemente disminuidos en altura, que en promedio oscilan entre 200 y 300 m.s.n.m. La orientación E-W del eje de las serranías genera una desconexión entre los valles (y consecuentemente en la urbanización), solo superada en una estrecha franja costera.

El acarreo de importantes volúmenes de gravas durante la desglaciación, provenientes de las pampas, donde conforman depósitos subhorizontales identificados como "rodados patagónicos" o "rodados tehuelches", generó niveles aterrizados y pedimentos de gravas a cotas variadas dentro de las áreas relativamente bajas.

En el ejido urbano se han preservado relictos de escasa significación areal, a excepción de las terrazas del Aeropuerto y del Arroyo La Mata, que conservan espesores del orden de 3 a 8 metros.

Los fondos de los valles han receptado en tiempos más recientes sedimentos finos producto del acarreo hidro-eólico y del derrubio de los faldeos contiguos.

Sobre la costa se desarrolla un frente acantilado activo como consecuencia de la erosión marina, que se eleva desde pocos metros hasta aproximadamente 50 m.s.n.m. en sectores específicos.

Como queda descripto, el aspecto geomorfológico representa el principal condicionante para el desarrollo de la urbanización y es por tal motivo que las unidades de caracterización geohidrológica se han ligado estrechamente a las geoformas dominantes. (Hirtz, N et al. 1998).

GEOHIDROLOGIA

Se ha desarrollado una sectorización del mapa del ejido urbano en función a la unidades geohidrológicas. Se ha tenido en cuenta para definir dichas unidades las características salientes que más afectaban la urbanización.

Dichas unidades se definieron en base a condiciones excluyentes y uniformes que les son propias, atendiendo a la estrecha relación existente con la geomorfología desde un enfoque aplicado al medio urbano. La distribución areal de las mismas se aprecia en la Figura 2.

El flujo subterráneo proviene de la descarga del acuífero multiunitario superior (Castrillo et al., 1984), de características regionales, con recarga en la Pampa del Castillo y sentido de escurrimiento desde el Oeste hacia el Este-sureste, en dirección a la costa. El mismo se produce a través de niveles arenolimosos de espesores variables, baja trasmisividad y elevado tiempo de tránsito en el medio poroso.

Las aguas circulantes, corresponden a aguas vadasas muertas incorporadas al subsuelo en la última desglaciación, habiendo sido datadas entre 12300 y 12800 años (Griznik et. Al. 1995). Esto confiere al recurso un carácter no renovable, en términos prácticos de tiempos de explotación humana. El carácter explotable se conserva para las aguas ubicadas por encima de la cota de 300 m.s.n.m. aproximadamente. A medida que se desciende topográficamente, acercándose a la zona de descarga (sobre la franja costera) se incrementa la salinidad como consecuencia de la incorporación de sales en los niveles inferiores de los sedimentos marinos de la F. Patagonia por donde circula.

A nivel local existe una incorporación de menor magnitud al flujo regional proveniente de los sectores sobreelevados, dando lugar a aguas de mezcla. Dicha recarga local, es escasa en el sector estudiado, correspondiendo a las áreas planas y taludes sobreelevados.

Dentro del ejido urbano, a la escasez del recurso subterráneo, se le suma la imposibilidad de brindarle un uso aplicado debido a la elevada concentración salina. Las aguas, caracterizadas como cloruradas a cloro-sulfatadas sódicas, poseen tenores salinos que oscilan entre 2.000 mg/l. para las que ingresan por niveles elevados topográficamente, hasta 120.000 mg/l. para las altamente concentradas en bajos salinizados.

La infiltración parcial de las aguas superficiales naturales y de origen antrópico, provoca la incorporación de éstas al escurrimiento subterráneo hacia los fondos de valles y áreas bajas en general. La restricción del flujo en zonas deprimidas localizadas provoca ascenso del nivel freático y procesos de salinización.

La red de drenaje se encuentra conformada por escasos cauces de arroyos temporarios de pequeña magnitud que permanecen secos la mayor parte del año, transportando las aguas colectadas en los cañadones del oeste solo durante las lluvias esporádicas. A las aguas de circulación superficial provenientes de los cañadones del oeste se les suman las de escurrimiento local que fluyen de las zonas altas. Este flujo descarga sobre sectores planos o de salida de cañadones principales donde se registran anegamientos o erosión hídrica localizada.

El drenaje es en general desencauzado, y la red hidrográfica se encuentra poco integrada. Su diseño, de carácter predominantemente dendrítico, se muestra en el mapa de la figura 1. Los arroyos son de carácter temporario, a excepción de los correspondientes a los cañadones La Mata y Escalante, que presentan un flujo continuo de escaso caudal producto del aporte de aguas derivadas de la actividad petrolera.

CARACTERIZACION DE LAS UNIDADES PARA USO URBANO

A los fines del presente trabajo, se desarrolló en primera instancia una caracterización del entorno geológico urbano de Comodoro Rivadavia desde una óptica geohidrológica aplicada a la urbanización, cuyos resultados se resumen en los mapas de las Fig. 1 y 2 y en la Tabla 1.

El mapa de Caracterización Hidrogeológica se dividió en 10 zonas, cuya numeración corresponde al valor relativo de aptitud general para uso urbano. Dicha categorización (si bien numérica, basada en un análisis cualitativo) surge de la compatibilización de la información hidrogeológica con la geomorfológica y geomecánica de suelos y rocas, tal como se muestra en la Tabla 2. En ella puede apreciarse que existe en general una buena correlación entre la categorización

hidrogeológica y la general, a excepción de la zona 6 donde prima el condicionamiento geomorfológico para su calificación debido a la escasa o nula posibilidad de integración con la urbanización y la severa acción del viento.

A modo de síntesis, para la caracterización geohidrológica se han agrupado las 10 zonas o sub-unidades en tres unidades, como se muestra en la Tabla 1, que son:

Zonas sin restricción actual y riesgo nulo.

Zonas con escasa restricción y riesgo moderado.

Zonas con restricción actual y riesgo elevado.

ZONAS SIN RESTRICCIÓN ACTUAL NI RIESGO.

Comprende a las sub-unidades 1,2 y 3 del mapa y tabla adjuntos. Las terrazas de gravas se ubican en cotas intermedias, sin que en ellas tengan lugar los inconvenientes derivados del escurrimiento superficial o subsuperficial. Su espesor es de varios metros y se asientan sobre sedimentos impermeables de las F. Patagonia y Sarmiento, por lo que el ocasional flujo subterráneo se produce cercano a la base de los depósitos de gravas, sin generar restricciones en el uso del suelo.

Las superficies de pedimentación se encuentran asimismo cubiertas por grava de espesor general superior a un metro. En este caso, no obstante, debido al adelgazamiento de espesor o el flujo canalizado en sectores localmente deprimidos, requieren un estudio particularizado más detallado en función del tipo de desarrollo a realizar.

Los fondos de valle estables, si bien están conformados por depósitos finos, arenolimosos y arenoarcillosos, en buena medida hidroconsolidables en estado saturado, presentan un buen sistema de drenaje natural que los hace poco proclives al anegamiento, y por ello ocupan una categoría favorable haciendo la salvedad de que la urbanización instalada debe hacer un adecuado control del agua que se infiltra principalmente por riego y pérdidas de líneas.

ZONAS CON ESCASA RESTRICCIÓN Y RIESGO MODERADO.

Las sub-unidades comprendidas en esta zona pueden dividirse en dos grupos según la problemática más destacada. Por una parte, la zona de pendiente media a baja cubierta por coluvio y la zona con niveles freáticos entre 2 y 4 metros. Ambas poseen sedimentos poco permeables (coluvio y relleno hidroeólico, respectivamente) y un sustrato conformado por arcilitas "impermeables" de la F. Patagonia. Las dificultades de circulación de agua superficial y sub-superficial se ven incrementadas

en el primer caso con un escaso espesor del coluvio, baja pendiente, obstaculización por urbanización e incorporación localizada de agua, ya sea de origen natural (afloramientos de niveles acuíferos patagonianos, descargas del flujo superficial encauzado) o antrópica (incorporación por riego al suelo y fugas en las redes de servicios).

Las zonas localizadas en la mitad superior del mapa no se ven tan afectadas por este último aspecto debido a la baja superficie urbanizada pero en cambio se vé tanto o más impactada que la mitad sur por la descarga de aguas de lluvia a través de los cañadones y cárcavas que bajan del talud superior. El daño se traduce en anegamiento mientras dura el meteoro, depósito de sedimentos acarreados por las corrientes fluidas de barros, y erosión selectiva en sectores encauzados.

Las medidas protectivas consisten en canales de guarda, nivelación con pendientes adecuadas para el escurrimiento de las aguas dentro de las áreas a urbanizar y encauzamiento del escurrimiento hacia las zonas de descarga. Estas medidas de aplicación relativamente sencilla en una etapa primaria del desarrollo urbano, resultan dificultosas, costosas y en algunos casos inviables con la urbanización sobreimpuesta sin una planificación y adecuación previa que atienda dichos condicionamientos. Lamentablemente este es el caso de buena parte de los barrios periféricos al casco céntrico de la ciudad ubicados sobre el faldeo sur del Cerro Chenque, denominados genéricamente "barrios altos".

Las zonas con niveles freáticos entre 2 y 4 m. si bien no presentan riesgo actual desde la óptica hidrogeológica, resultan más sensibles por ser áreas relativamente planas y bajas, en general densamente pobladas, donde la excesiva incorporación de agua al subsuelo provocaría el ascenso del nivel freático y procesos de salinización asociados por tratarse de sedimentos finos, de baja permeabilidad. Se requiere por lo tanto, un adecuado manejo del agua, no solo en el área específica, sino asimismo, aguas arriba de la misma.

La zonas sobreelevadas en general no presentan inconvenientes a excepción de la erosión hídrica localizada que provoca el agua de lluvia sobre los bordes de las áreas relativamente planas al encauzarse para su descenso por los taludes de pendiente elevada.

ZONAS CON RESTRICCIÓN ACTUAL Y RIESGO ELEVADO.

En esta categoría se incluyen las sub-unidades 7, 8, 9 y 10 que se describen en las tablas y mapa adjuntos. La restricción para la urbanización es creciente a

medida que su número de categorización aumenta, en función de una problemática más compleja que va desde el requerimiento de obras de conducción del agua y protección de la erosión para la zona de encauzamiento superficial y erosión hasta la exclusión como área urbanizable en el caso de la zona con nivel freático menor a dos metros y procesos de salinización en superficie.

En la zona de drenaje subterráneo restringido se tiene una situación intermedia respecto a las antes descritas, permiten el desarrollo normal de la urbanización cuidando de no obstruir el drenaje superficial y sub-superficial y restringiendo la incorporación de agua de origen antrópico al subsuelo. La circulación subterránea se desarrolla por sedimentos finos o por arcillitas fracturadas, el flujo es muy lento, por lo que una incorporación excesiva de agua al terreno conduce a un rápido ascenso del nivel freático.

Esta última zona se encuentra urbanizada en forma profusa, encontrándose el sector que pertenece al casco céntrico, con niveles de aguas salobres, ricas en sulfatos que afectan los subsuelos y bases de las construcciones. Este aspecto debe ser atendido en obras nuevas utilizando cementos de alta resistencia a los sulfatos, impermeabilizaciones, etc.

Finalmente la zona 10, correspondiente a los taludes escarpados y lomadas de pendientes elevadas presenta una problemática diferente respecto a la restricción geohidrológica, caracterizada por la activa erosión hídrica y el desarrollo de procesos de remoción favorecidos por la presencia de agua, tales como: flujos de barro localizados de escasa magnitud, reptación de coluvio, desprendimiento de detritos y deslizamientos rotacionales (facies arcillosas de la F. Patagonia) y caída de bloques (facies arenosas de la F. Patagonia).

Tanto por la elevada pendiente como por los procesos asociados enunciados precedentemente, esta zona no resulta apta para uso urbano.

CONCLUSIONES

El agua en el subsuelo de la ciudad de Comodoro Rivadavia es escasa, circula en ambientes acuitados y no admite su utilización para ningún fin aplicado debido a su elevado contenido salino. Cuando su flujo se concentra sobre áreas bajas o aflora sobre cortes o barrancos genera inconvenientes por la salinización que produce.

Las aguas superficiales solo escurren por los cañadones que atraviezan la ciudad de Oeste a Este, esporádicamente, durante precipitaciones importantes. Debido al clima desértico, la mayoría del tiempo permanecen secos. No obstante,

con una recurrencia de 30 años aproximadamente se producen precipitaciones como la del 21 de abril de 1998 con 88,6 mm, dejando anegados algunos sectores bajos de los barrios Pueyrredón, Roca y Gral. Mosconi como consecuencia del taponamiento o la insuficiente capacidad de evacuación de los desagües pluviales principales.

Las aguas que descienden por los cañadones y taludes durante el meteoro poseen un alto poder erosivo frente a los depósitos sueltos y poco protegidos por la escasa vegetación arbustiva, provocando cárcavas, descalces de cunetas, alcantarillas, etc. y acumulación de sedimentos en las áreas deprimidas.

De lo antes expuesto surge la conveniencia de categorizar los distintos sectores del ejido urbano, en base al grado de incidencia que los procesos descritos presentan sobre los mismos.

Basándose esencialmente en los condicionamientos geohidrológicos que guardan una estrecha relación con la geomorfología y el comportamiento geomecánico de las distintas especies litológicas, se desarrolló una zonificación en unidades geohidrológicas (*Hirtz, N et al. 2000*). La misma se desarrolló en forma cualitativa, categorizando las zonas de 1 a 10 en función al carácter creciente de la complejidad o condicionamiento que presentan las mismas respecto a los factores antes mencionados.

En la tabla 1 se aprecia la caracterización geohidrológica de las zonas establecidas, mientras que en la tabla 2, se muestra la complementación de las características hidrogeológicas con las geológicas y geomecánicas, surgiendo la categorización definitiva.

El mapa 2 adjunto muestra la distribución areal de las distintas sub-unidades, su extensión y la relación espacial entre las mismas.

Un rápido análisis del mapa con las tablas asociadas permite obtener algunas conclusiones preliminares, que pueden sintetizarse de la siguiente manera:

- Las áreas con restricción actual y riesgo elevado, categorizadas como no aptas para urbanizar muestran su mayor desarrollo en el sector central con los taludes de pendiente elevada y en el sector norte con las áreas erosionables conformadas mayoritariamente por los “bad lands” de la F. Sarmiento. Estas áreas presentan un doble perjuicio para la urbanización debido a que además de no permitir asentamientos sobre ellas generan una fuerte desconexión de la urbanización en

sentido longitudinal (Norte-Sur) por encontrarse alineadas predominantemente en sentido Este – Oeste.

- Una alta proporción del área relevada se encuentra categorizada desde el punto de vista geohidrológico como zona de escasa restricción y riesgo moderado (sub-unidades 4 a 6 de la Tabla 1). El diagnóstico obtenido de la compatibilización con los factores geomorfológico y geomecánico (Tabla 2) nos indica que poseen una aptitud regular para el desarrollo urbano, desde regular a bueno para la sub-unidad 4 a regular a malo para la 6. Previo a la urbanización se deben desarrollar las obras de saneamiento o adecuación necesarias que surjan del estudio particularizado del sector.
- Las zonas 4 y 5 han sido ampliamente utilizadas para el desarrollo urbano del área céntrica de la ciudad y su ampliación con los barrios construidos hacia el sector oeste.
- Las zonas aptas presentan su mayor desarrollo en el Norte de la carta y en menor magnitud areal sobre el extremo Sur, correspondiendo a los sectores de terraza del aeropuerto y del arroyo La Mata, respectivamente. Pese a ser las zonas más favorables desde el punto de vista físico presentan una baja densidad poblacional, siendo utilizadas con otros fines. En el primer caso como aeropuerto, área militar y petrolera y en el segundo como autódromo, basural, área de cantera de áridos, etc.
- Para viabilizar la planificación del desarrollo futuro desde la óptica aquí desarrollada se deberá priorizar la utilización de áreas de aptitud buena y regular a buena para el crecimiento inmediato (barrios Pte. Ortiz, Don Bosco, etc.). A mediano plazo, y en función de la demanda, reconvertir el uso actual de las extensas áreas aptas del norte y sur del ejido.
- El aspecto aquí desarrollado, de corte geohidrológico- ambiental, debe compatibilizarse para tal fin con los factores socio-económicos, demográficos, de uso del territorio, etc. (que exceden el alcance de la presente publicación) a fin de lograr una adecuada planificación urbana que sirva de marco a un plan estratégico de desarrollo sustentable de la ciudad.

BIBLIOGRAFIA

- Camacho, H. 1980. La Formación Patagonia, su nuevo esquema estratigráfico y otros temas polémicos. RAGA. T XXXV, Nro. 2. Buenos Aires.
- Castrillo, E; Grizinik, M; y Amoroso, A. .1984. Contribución al conocimiento hidrogeológico de Comodoro Rivadavia, Chubut. Actas IX Congreso Geológico Argentino. Bariloche. T6: 393-406.
- Grizinik, M. y Hirtz, N..1997. Estudio de la salinización del sector sudoeste del ejido urbano de la ciudad de Comodoro Rivadavia, Chubut. Inf. Inéd.. Universidad Nacional de la Patagonia SJB. Comodoro Rivadavia.
- Hirtz, N.. 1998. Carta Geoambiental de la ciudad de Comodoro Rivadavia, Chubut. Inf. Inéd. Universidad Nacional de la Patagonia SJB. Comodoro Rivadavia.
- Sciutto, J.C.; Césari, O.; y Escribano, V..1999. Hoja Geológica 4566-III. Comodoro Rivadavia, Provincia de Chubut. Servicio Geológico Minero Argentino. (En prensa).
- Hirtz, N.; Prez, H; Grizinik, M. 2000. Uso de Mapas Temáticos en la Confección de la Carta Geoambiental de Comodoro Rivadavia, Chubut. Argentina. ASAGAI (En prensa).

Figura N° 1: MAPA DE URBANIZACION Y DRENAJE

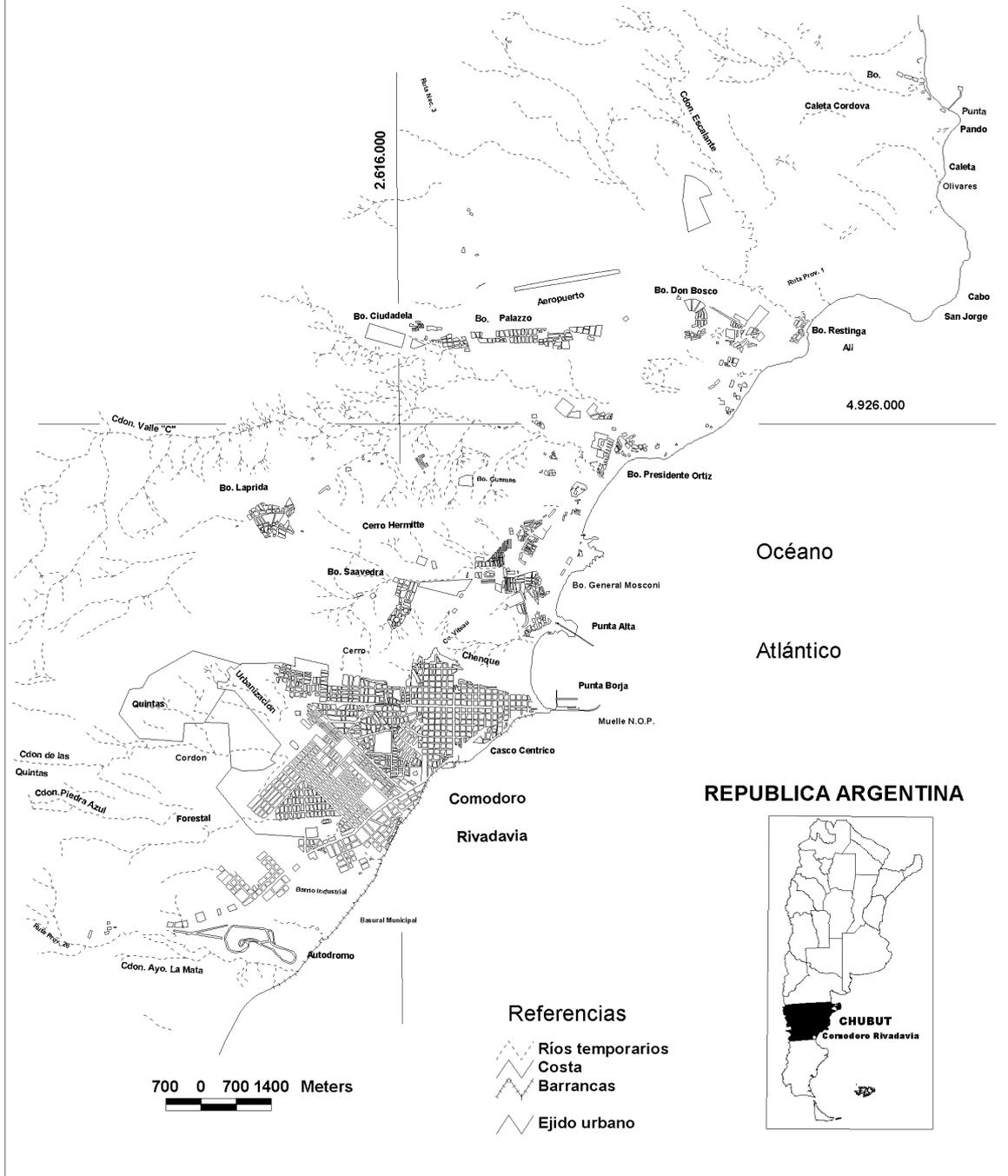


Figura N° 2: MAPA DE APTITUD GEOHIDROLOGICA PARA URBANIZACION

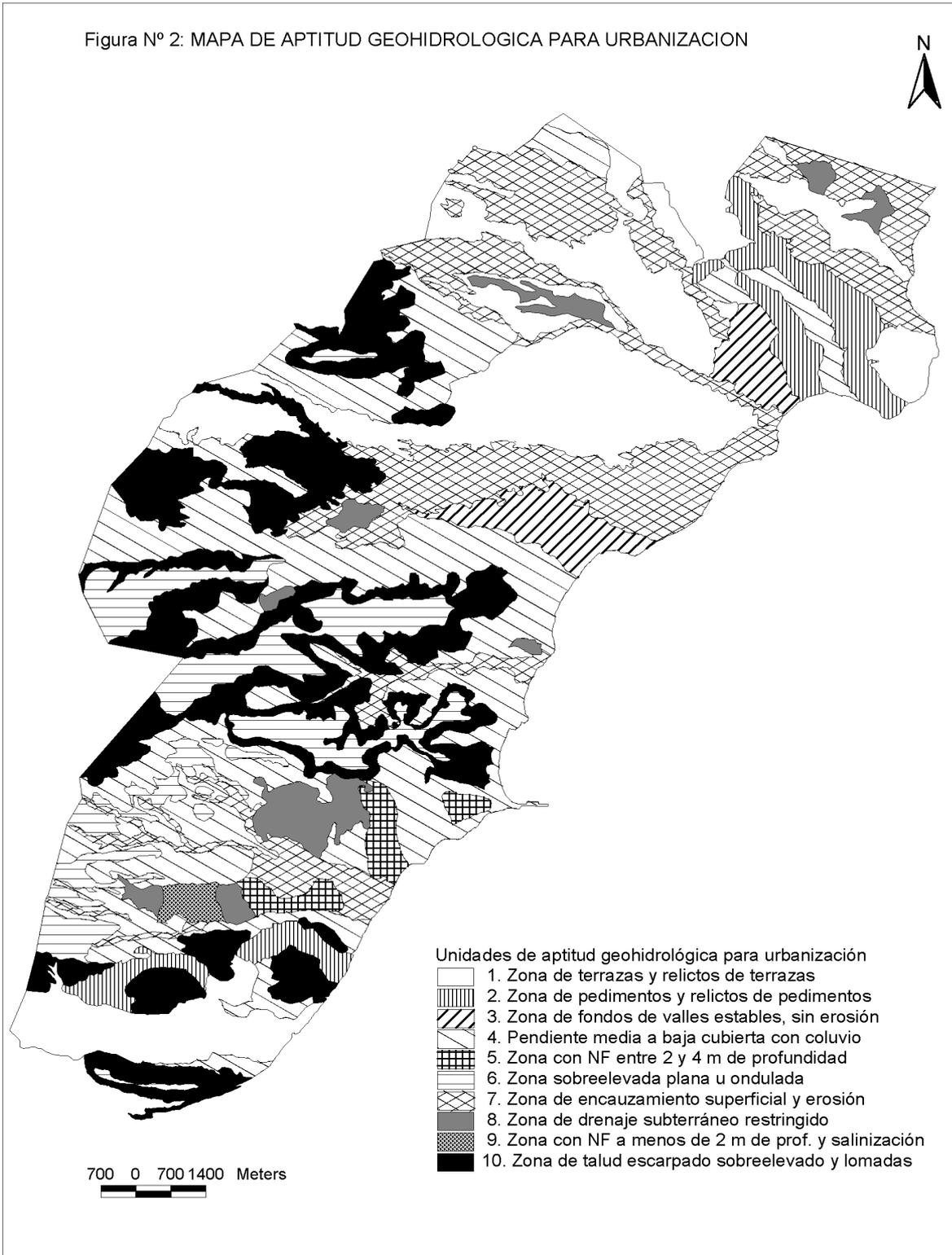


TABLA 1: CARTA DE UNIDADES DE CARACTERIZACION GEOHIDROLOGICA DE COMODORO RIVADAVIA

UNIDAD	CARACTERIZACION DE LA UNIDAD	SUB-UNIDADES GEOHIDROLOGICAS	CARACTERIZACION DE LA SUB-UNIDAD	PROPIEDADES HIDROGEOLOGICAS	PERMEABILIDAD	MANEJO	CATEG. P/ URBANIZ.
ZONAS SIN RESTRICCIÓN ACTUAL NI RIESGO	Las Subunidades 1 y 2 se ubican en zonas altas, respecto al fondo de los valles, de buena Permeabilidad y varios metros de espesor. El N.F., si existe, se encuentra próximo a la base.	1.- Zona de terrazas de gravas y relictos de terrazas	Depósitos de gravas y gravas arenosas sin red de avenamiento definida, con buen desarrollo areal.	Por sus características permite el insumo rápido del agua y su actuación como zona de recarga local.	Alta	Sin restricción	Buena
		2.- Zona de pedimentos y relictos de pedimentos	Depósitos similares a (1), menos potentes, algo disectados por erosión. De escaso desarrollo areal.	Rápida circulación del agua en sectores bajos e insumo en zonas de suave pendiente.	Alta a Media	Obras menores de nivelación y encauzamiento	Buena
	La Subunidad 3, menos permeable, no presenta problemas de erosión ni anegamiento.	3.- Zona de fondos de valles estables, sin erosión	Arenas finas, de moderada permeabilidad. Poseen un adecuado drenaje superf. - subsuperf. hacia los cauces	Rápida circulación del agua en sectores bajos e insumo en zonas de suave pendiente.	Media	Obras menores de nivelación y encauzamiento	Buena
ZONA CON ESCASA RESTRICCIÓN Y RIESGO MODERADO	En general, no presenta inconvenientes en el corto plazo. La afectación principal está dada por la actividad antrópica (incorporación de volúmenes importantes de agua al subsuelo o su endicamiento con la urbanización en subunidades 4 y 5). La Subunid. 6 no presenta mayores inconvenientes hidrológicos por tratarse de zonas altas con respecto al fondo de valles. En sectores de encauzamiento, existen procesos de erosión y descarga de sedimentos finos a los bajos	4.- Zona de pendiente media a baja cubierta con coluvio	Sectores de inclinación elevada a media, adosados a las lomadas superiores, con materiales finos.	Material que permite la aparición de algunas cárcavas y el insumo rápido de aguas circulantes.	Baja	Obras de desmonte y nivelación	Buena
		5.- Zona con niveles freáticos entre 2 y 4 m. de profundidad.	Sectores planos o nivelados, mayormente urbanizados compuestos por depósitos de granulometría fina (arenas finas, limoarcillosas) con red de avenamiento encauzada.	Circulación de mezcla de aguas subterráneas en niveles permeables que está sujeta al aporte de recargas estacionales y antrópicas (fugas, riego, etc.)	Media a Baja	Encauzamiento y manejo del riego	Regular
		6.- Zonas sobreelevadas planas u onduladas	Constituyen las mayores elevaciones con superficies en general planas y con suelos consolidados.	Bancos duros de arenisca de baja pendiente, que permiten su funcionamiento como área de recarga local restringida. Poseen una cubierta parcial de arcillitas y detritos.	Media en areniscas. Baja en arcillitas	Obras de encauzamiento de la descarga a los valles	Buena a Regular en pendientes moderadas
ZONA CON RESTRICCIÓN ACTUAL Y RIESGO ELEVADO	Presenta fenómenos de encharcamiento superficial, incorporación de sales al suelo y concentración en sectores sujetos a evapotranspiración. Posee niveles freáticos elevados o aflorantes en superficie, con concentración salina elevada, mezcla de aguas de precipitación con aguas salobres de las formaciones terciarias. En la zona 10 dominan los procesos de erosión hídrica y remoción	7.- Zona de encauzamiento superficial y erosión.	Fajas elongadas o triangulares ubicadas en tramos inferiores de los cañadones principales, afectadas por agua superficial y erosión.	Sectores que presentan un nivel de base a la escorrentía superficial con inundación de planicie. Se desarrolla un paisaje de bad lands en tobas.	En general Baja. Media en dptos. de cauces	Canalización de sectores críticos Grandes áreas inutilizables	Regular a mala
		8.- Zona de drenaje subterráneo restringido	Sectores donde la urbanización sobrepuesta ha generado el endicamiento del flujo subterráneo.	Aguas subterráneas circulantes en materiales finos con baja velocidad de flujo y estancamiento subterráneo	Muy Baja	Obras de drenaje y subdrenaje	Regular a mala
		9.- Zona con N F a menos de 2 m. de prof., con evidencia de salinización	Sectores bajos con nivel freático próximo a superficie o aflorante. Zonas planas con ascenso del NF. por restricción del flujo subterráneo	Materiales finos con saturación muy próxima a la superficie de aguas de alta salinidad. Formación de costra salina en sectores críticos.	Baja a Muy Baja sobre depósitos finos.	Recuperación mediante drenaje subterráneo y superficial.	Mala
		10.- Zona de taludes con pendiente elevada	Taludes de pendiente elevada, con escasa o nula vegetación. Alta erosionabilidad e inestabilidad.	Sectores con cárcavas por donde se canaliza el flujo con alta carga de sedimentos finos hacia las áreas bajas.	En general Baja.	Obras de protección y zonas de segurid.	Mala

TABLA 2: CARACTERIZACION DE LA APTITUD DE LAS UNIDADES PARA LA URBANIZACION DE COMODORO RIVADAVIA

ORDEN DE APTITUD	SUB-UNIDADES GEOHIDROLOGICAS	HIDROGEOLOGIA		GEOMORFOLOGIA		GEOMECANICA		APTITUD PARA DESARROLLO O URBANISTICO	OBSERVACIONES: (G): Geomorfología Restricción: (H): Hidrogeología (GM): Geomecánica
		CONDICIONAMIENTO	CATEGORIZACION	CONDICIONAMIENTO	CATEGORIZACION	CONDICIONAMIENTO	CATEGORIZACION		
1	Zona de terrazas de grava y relictos de terrazas	Bajo a Nulo	Bueno	Bajo a Nulo	Bueno	Bajo a Nulo	Bueno	BUENO	(G): Regular en relictos, por limitaciones de espesor y morfología irregular. Terraza faro S. Jorge.
2	Zona de pedimentos y relictos de pedimentos	Bajo a Nulo	Bueno	Bajo a Nulo	Bueno	Bajo a Nulo	Bueno	BUENO	(G): Regular en relictos, por limitaciones de espesor y morfología irregular.
3	Zona de fondos de valles estables, sin erosión	Bajo	Bueno	Bajo a Nulo	Bueno	Bajo a Nulo	Regular a Bueno	BUENO	(GM): Por tratarse de sedimentos finos de estructura abierta debe preservárselos de la hidroconsolidación.
4	Zona de pendiente media a baja cubierta c/ coluvio.	Bajo a Nulo	Bueno	Medio	Regular a Bueno	Medio	Regular	REGULAR A BUENO	(H): Regular a buena sobre una franja del sector céntrico.
5	Zona con nivel freático entre 2 y 4 m de profundidad	Medio a Bajo	Regular	Bajo a Nulo	Bueno	Bajo a Nulo	Regular a Bueno	REGULAR	(H): Regular en sectores donde la urbanización puede dificultar el drenaje superficial y subsuperficial.
6	Zonas sobreelevadas planas u onduladas	Bajo a Nulo	Muy Bueno	Medio	Regular a Malo	Bajo a Nulo	Bueno	REGULAR A MALO	(G): Reg. a malo por la alta desconexión con la urbanización por elevación y acción severa del viento.
7	Zona de encauzamiento superficial y erosión	Alto	Regular a Malo	Muy Alto	Regular a Malo	Medio	Regular	REGULAR A MALO	(H): Malo en sectores con aluvionamiento en depres. G): Malo debido a alteración sub superficial y fractur.
8	Zona de drenaje subterráneo restringido	Muy Alto	Regular a Malo	Alto	Regular a Malo	Medio	Regular	REGULAR A MALO	(H): Areas en general bajas y deprimidas donde la urbanización afecta el drenaje subsuperficial.
9	Zona con N F a menos de 2 m de prof. y salinización	Muy Alto	Malo	Alto	Regular a Malo	Alto	Regular a Malo	MALO	(H): Malo por aluvionamiento en depresiones, NF elevado y salinización. GM): Arcillas expansivas.
10	Zona de talud escarpado sobreelevado y lomadas	Alto	Malo	Muy Alto	Malo	Alto	Regular a Malo	MALO	Prima el aspecto negativo de (G) y (GM). (H): Malo en amplios sectores denudados, erosionables.